

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/18976 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04B

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03121

(22) Internationales Anmeldedatum:  
6. September 2000 (06.09.2000)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 43 688.6 6. September 1999 (06.09.1999) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): HEINRICH-HERTZ-INSTITUT  
FÜR NACHRICHTENTECHNIK BERLIN GMBH  
[DE/DE]; Einsteinufer 37, 10587 Berlin (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOCHE, Holger  
[DE/DE]; Dönhoffstrasse 36a, 10318 Berlin (DE). SCHU-  
BERT, Martin [DE/DE]; Karsunke, Potsdamer Strasse  
156; 10783 Berlin (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR BEAM FORMING FOR THE DOWNLINK CHANNEL IN CDMA-BASED MOBILE RADIO TELEPHONE SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR STRAHLFORMUNG FÜR DEN DOWNLINK-KANAL IN CDMA-BASIERTEN MOBILFUNKSYSTEMEN

(57) Abstract: The invention relates to a method for beam forming for the downlink channel in CDMA-based mobile radio telephone systems. The K most powerful paths are selected from paths with estimated directions and estimated power of the signals that are received by an antenna array in the base station, whereby said most powerful paths are selected for the uplink channel. The directional characteristic and directivity are calculated for said paths as well as for the paths whose power decreases (K-1). An iteration process is subsequently carried out in view of a threshold value which is determined according to the application and may not be exceeded. The signal that is designed for the mobile station and pertains to the base station is finally generated by multiplying the k<sup>th</sup> weight factor with the signal to be sent to the mobile station.

(57) Zusammenfassung: Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen werden für den Uplink-Kanal aus Pfaden mit geschätzten Richtungen und geschätzten Leistungen der von einem Antennenarray in der Basisstation empfangenen Signale die K leistungsstärksten Pfade ausgewählt. Richtcharakteristik und Direktivität werden sowohl für diese als auch für die ihrer Leistung nach geringer werdenden (K-1) Pfade berechnet. Anschließend wird ein Iterationsprozeß unter Berücksichtigung eines in Abhängigkeit von der Anwendung gesetzten Schwellwertes, der nicht überschritten werden darf, durchgeführt. Abschließend wird das für die Mobilstation bestimmte Signal der Basisstation durch Multiplikation des k-ten Gewichtungsfaktors mit dem zur Mobilstation zu sendenden Signal erzeugt.

WO 01/18976 A2

## Verfahren und Anordnung zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen

### 5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen.

10 In bestehenden CDMA-basierten Mobilfunksystemen (z.B. IS-95, entsprechend: Mobile Station Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System) wird an der Basisstation für den Downlink (Verbindung von der Basisstation zur Mobilstation) eine omnidirektionale Antenne eingesetzt. Da diese Antenne in alle Richtungen  
15 gleich abstrahlt, kann kein Pfad gezielt unterdrückt werden. Es werden somit alle Mehrpfade von der Basisstation zur Mobilstation angeregt, wodurch das Sendesignal die Mobilstation in der Regel auf mehr Pfaden als Finger eines an der Mobilstation angeordneten Rake-Empfängers (rake bedeutet Rechen, Harke) erreicht.

20 Es ist deshalb Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren und eine Anordnung zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen anzugeben, wodurch die Übertragungsqualität der Verbindung Basisstation zur Mobilstation unter Ausnutzung der Mehrpfade-Ausbreitung (Pfad-  
25 Diversity) verbessert werden kann. Gleichzeitig soll die Erhöhung der Kapazität des Mobilfunksystems und die Erhöhung der Effizienz des Rake-Empfängers der Mobilstation gewährleistet sein und die Störung anderer Zellen verringert werden.

30 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen gelöst, wobei an einer Mobilstation ein Rake-Empfänger eingesetzt wird und das

Mobilfunksystem im TDD-Mode (Time Division Duplex – Zeitduplex) oder im FDD-Mode (Frequency Division Duplex – Frequenzduplex) mit kleinem Frequenzversatz arbeitet, bei dem

- zunächst für den Uplink-Kanal die Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  der einzelnen  
5 Pfade der von einem Antennenarray in der Basisstation empfangenen  
Signale geschätzt werden,
- dann aus diesen Pfaden mit geschätzten Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  die Pfade  
mit entsprechenden Leistungen  $P_1, \dots, P_L$  ermittelt werden,
- anschließend aus den Pfaden mit den geschätzten Richtungen und den  
10 geschätzten Leistungen die K leistungstärksten Pfade ihrer Größe nach  
umgeordnet werden, wobei K der Anzahl der Rake-Finger des an der  
Mobilstation eingesetzten Rake-Empfängers entspricht und  
 $P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_K$  ist,
- außerdem maximal  $(K_1 - K)$  Pfade entsprechend der Leistungen  
15  $P_K > P_1 \geq \dots \geq P_{K_1}$  ausgewählt werden,
- danach werden aus der Menge der maximal  $K_1$  Pfade, deren Richtungen  
und Leistungen geschätzt sind, eine Richtcharakteristik für  $H_1$  mit

$$H_1(e^{j\omega}) = \sum_{k=1}^K a_k(l) Q(e^{j(\omega - \omega_k(l))})$$

20

berechnet, wobei  $H_1(e^{j\omega_k(l)}) = 1$  für die stärkste Richtung

und  $\omega_k(1) = \omega_k$  für  $1 \leq k \leq K$  gesetzt wird, und durch Lösung des linearen Gleichungssystems

25

$$B_1 \cdot \begin{pmatrix} a_1^{(1)} \\ \vdots \\ a_K^{(1)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$$

ermittelt wird, wobei die Elemente  $b_{k,l}(1)$  mit  $1 \leq k, l \leq K$  der Matrix  $B_1$  die Form  $b_{k,l}(1) = Q(e^{j(\omega_k(1) - \omega_l(1))})$  aufweisen, und die Direktivität  $D(H_1)$  der Richtcharakteristik  $H_1$  mit

$$D(H_1) = \sum_{k=1}^K \overline{a_k(1)} \quad (5)$$

ermittelt wird,

- da die Direktivität auch für Werte  $\omega \neq \omega_k(1)$  für  $1 \leq k \leq K$  möglichst groß sein soll, wird nun ein Iterationsprozeß durchgeführt, bei dem

$$C_1 = \max_k |H_1(e^{j\omega_k})| \quad \text{für } K+1 \leq k \leq K_1 \text{ berechnet und mit einer je nach}$$

10 Anwendungsfall vorgegebenen Schwelle  $\varepsilon$  verglichen wird,

- ist  $C_1 \leq \varepsilon$ , so werden die Gewichtungsfaktoren

$$w_l(1) = \sum_{k=1}^K a_k(1) e^{j(l-1)\omega_k}, \quad \text{mit } 1 \leq l \leq N$$

an einen Strahlformer zur weiteren Signalverarbeitung übergeben,

- ist  $C_1 > \varepsilon$ , so wird als nächster Schritt die Richtung  $\omega_k$  mit  $K+1 \leq k \leq K_1$  gesucht, für die gilt

15

$$|H_1(e^{j\omega_k})| = C_1$$

- anschließend wird

$\omega_k(2) = \omega_k(1)$  für  $1 \leq k \leq K$  und  $\omega_{K+1}(2) = \omega_k(1)$  gesetzt und für diese Richtungen die Richtcharakteristik  $H_2$  mit

$$H_2(e^{j\omega}) = \sum_{k=1}^{K+1} a_k(2) Q(e^{j(\omega - \omega_k(2))}) \quad (20)$$

und

$$H_2(e^{j\omega_k(2)}) = 1, \quad \text{wobei } 1 \leq k \leq K$$

und

$$H_2(e^{j\omega_{K+1}(2)}) = 0$$

25 mittels Lösung des linearen Gleichungssystems

$$B_1 \cdot \begin{pmatrix} a_1^{(2)} \\ \vdots \\ a_{K+1}^{(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ ermittelt,}$$

- danach wird

$C_2 = \max |H_2(e^{j\omega_k})|$  für  $K+1 \leq k \leq K_1$  berechnet und bei

$C_2 \leq \varepsilon$  werden die Gewichtungsfaktoren  $w_k(2) = \sum_{l=1}^{K+1} a_l(2) e^{j(k-l)\omega_k(2)}$  an einen

- 5 Strahlformer übergeben und bei

$C_2 > \varepsilon$  wird der nächste Iterationsschritt durchgeführt

- die an den Strahlformer übergebenen Gewichtungsfaktoren  $w_k(2)$  werden mit den entsprechenden zu sendenden Signalen multipliziert und dem  
10 Antennenarray der Basisstation als Sendesignal zur Mobilstation übergeben.

Die erfindungsgemäße Anordnung zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen, wobei einer Mobilstation ein Rake-  
15 Empfänger vorgeschaltet ist und das Mobilfunksystem im TDD-Mode (Time Division Duplex - Zeitduplex) oder im FDD-Mode (Frequency Division Duplex - Frequenzduplex) mit kleinem Frequenzversatz arbeitet, weist auf

- ein an der Basisstation angeordnetes Antennenarray mit N Antennenelementen,
- 20 - einen Digitalen Signalprozessor zur Richtungsschätzung der einzelnen Pfade der vom Antennenarray empfangenen Signale und zur Leistungsschätzung dieser Pfade,
- einen weiteren Digitalen Signalprozessor zur Auswahl Richtungen der leistungstärksten Pfade,
- 25 - zur Ermittlung der Gewichtungsfaktoren  $w_k(l)$  (entspricht dem Gewichtungsfaktor der k-ten Antenne der l-ten Iteration) einen dritten Digitalen Signalprozessor, der sowohl für die K stärksten Pfade als auch für die ihrer Leistung nach geringer werdenden  $(K-1)$  Pfade die

Richtcharakteristik berechnet und Iterationsprozesse unter Berücksichtigung eines in Abhängigkeit von der Anwendung gesetzten Schwellwertes, der nicht überschritten werden darf, durchführt,  
- einen vierten Digitalen Signalprozessor, in dem das für die Mobilstation  
5 bestimmte Signal der Basisstation durch Multiplikation des k-ten Gewichtungsfaktors  $w_k(l)$  mit dem zur Mobilstation zu sendenden Signal erzeugt wird.

Für die erfindungsgemäße Lösung wird vorausgesetzt, daß das Mobilsystem  
10 im TDD-Mode bzw. im FDD-Mode mit kleinem Frequenzversatz arbeitet.

Im TDD-Mode sind der Uplink-Kanal und der Downlink-Kanal zeitlich versetzt. Dabei ist die Zeitspanne für einen Uplink und einen Downlink relativ klein. Unter diesen Voraussetzungen wird angenommen, daß sich der  
15 Übertragungskanal zwischen Uplink und Downlink zeitlich nicht ändert. Er ist also zeitinvariant. Damit können gewonnene Daten über den Uplink-Kanal ebenfalls für den Downlink-Kanal verwendet werden.

Im FDD-Mode arbeiten Uplink und Downlink gleichzeitig. Sie werden aufgrund  
20 der Frequenzen getrennt. Wenn der Frequenzversatz zwischen Uplink und Downlink relativ klein ist, können Daten für den Uplink-Kanal ebenfalls für den Downlink-Kanal genutzt werden.

Die erfindungsgemäße Lösung ermöglicht beim Downlink die gezielte  
25 Abstrahlung von der Basisstation in Richtung der für den Uplink ermittelten K stärksten Pfade (Ausbildung von Richtcharakteristiken  $H(e^{j\omega_k})=1$  für  $1 \leq k \leq K$ ). Die Rake-Finger des Rake-Empfängers der Mobilstation sind jeweils auf eine dieser K Richtungen adaptiert. Diese K Pfade tragen somit zum Empfang an der Mobilstation bei, die Pfad-Diversity an der Mobilstation  
30 wird ausgenutzt. Mittels der erfindungsgemäßen Lösung werden in Richtung der Pfade, welche nicht mehr durch den Rake-Empfänger an der Mobilstation aufgelöst werden können, durch die Richtcharakteristik Nullen erzeugt. Die

Anzahl dieser Richtungen kann durch einen Iterationsprozeß gesteuert werden. Das Abstrahlungsverhalten wird weiter verbessert, da die ermittelte Richtcharakteristik der Basisstation unter allen möglichen Richtcharakteristiken, welche den gleichen Bedingungen unterliegen, die maximale Direktivität besitzt. Diese maximale Direktivität kann mittels der  
5 erfindungsgemäßen Lösung automatisch ermittelt werden und erfordert keine aufwendigen numerischen Integrationsverfahren zur näherungsweisen Berechnung.

- 10 Eine Ausführungsform der Erfindung und deren Funktionsweise werden nachstehend anhand einer Zeichnung, die eine schematische Darstellung der Anordnung sowie der wichtigsten Verfahrensschritte zeigt, näher erläutert.

In der Figur ist ein lineares Antennenarray **AA** einer Basisstation gezeigt, das  
15 über  $N$  Antennenelemente verfügt. Die vom linearen Antennenarray **AA** empfangenen Signale im Uplink-Kanal werden einer Signalverarbeitung mit dem Ziel unterzogen, die ermittelten Daten ebenfalls für den Downlink-Kanal zu nutzen. Hierfür wird zunächst in einem Digitalen Signalprozessor **DSP1** die Richtung der einzelnen Pfade der vom Antennenarray empfangenen Signale  
20 und die Leistung dieser Pfade geschätzt, ein weiterer Digitaler Signalprozessor **DSP2** wählt die Richtungen der leistungsstärksten  $K$  Pfade aus. Für diese  $K$  leistungsstärksten Pfade sowie für weitere  $(K-1)$  Pfade, die in ihrer Leistung im Vergleich zu den eben erwähnten abnehmen, ermittelt der dritte Digitale Signalprozessor **DSP3** die Gewichtungsfaktoren  $w_k(l)$  ( $k$ -ter  
25 Gewichtungsfaktor der  $l$ -ten Iteration) durch Berechnung der Richtcharakteristiken und einen Iterationsprozeß unter Berücksichtigung eines in Abhängigkeit von der Anwendung gesetzten Schwellwertes, der nicht überschritten werden darf. In einem vierten Digitalen Signalprozessor **DSP4** wird das für die Mobilstation bestimmte Signal der Basisstation durch Multiplikation des  $k$ -ten  
30 Gewichtungsfaktors  $w_k(l)$  mit dem zur Mobilstation zu sendenden Signal erzeugt. Damit können beim Downlink von der Basisstation in Richtung der für den Uplink ermittelten  $K$  stärksten Pfade die Sendesignale abgestrahlt

- werden. Die Rake-Finger des Rake-Empfängers der Mobilstation sind jeweils auf eine dieser K Richtungen adaptiert (in der Figur nicht dargestellt). Durch die gezielte Strahlformung des Sendesignals, die auf die Empfängerstruktur in der Mobilstation angepaßt ist, wird die Übertragungsqualität der Verbindung
- 5 Basisstation zur Mobilstation unter Ausnutzung der Mehrpfade-Ausbreitung (Pfad-Diversity) verbessert und die Effizienz des Rake-Empfängers der Mobilstation erhöht; weiterhin wird dadurch die Interferenz für andere Mobilstationen verringert, was zu einer Kapazitätserhöhung durch eine Verringerung der Störung anderer Zellen führt.



Patentansprüche

1. Verfahren zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-  
 5 basierten Mobilfunksystemen, wobei einer Mobilstation ein Rake-Empfänger vorgeschaltet wird und das Mobilfunksystem im TDD-Mode (Time Division Duplex – Zeitduplex) oder im FDD-Mode (Frequency Division Duplex – Frequenzduplex) mit kleinem Frequenzversatz arbeitet, bei dem
- zunächst für den Uplink-Kanal die Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  der einzelnen  
 10 Pfade der von einem Antennenarray in der Basisstation empfangenen Signale geschätzt werden,
  - dann aus diesen Pfaden mit geschätzten Richtungen  $\omega_1, \dots, \omega_L$  die Pfade mit entsprechenden Leistungen  $P_1, \dots, P_L$  ermittelt werden,
  - anschließend aus den Pfaden mit den geschätzten Richtungen und den  
 15 geschätzten Leistungen die K leistungstärksten Pfade ihrer Größe nach umgeordnet werden, wobei K der Anzahl der Rake-Finger des an der Mobilstation eingesetzten Rake-Empfängers entspricht und  $P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_K$  ist,
  - außerdem maximal  $(K_1 - K)$  Pfade entsprechend der Leistungen  
 20  $P_K > P_1 \geq \dots \geq P_{K_1}$  ausgewählt werden,
  - danach werden aus der Menge der maximal  $K_1$  Pfade, deren Richtungen und Leistungen geschätzt sind, eine Richtcharakteristik für  $H_1$  mit

$$H_1(e^{j\omega}) = \sum_{k=1}^K a_k(1) Q(e^{j(\omega - \omega_k(1))})$$

25

berechnet, wobei  $H_1(e^{j\omega_k(1)}) = 1$  für die stärkste Richtung

und  $\omega_k(1) = \omega_k$  für  $1 \leq k \leq K$  gesetzt wird, und durch Lösung des linearen Gleichungssystems

$$B_l \cdot \begin{pmatrix} a_1^{(l)} \\ \vdots \\ a_K^{(l)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \end{pmatrix}$$

ermittelt wird, wobei die Elemente  $b_{k,l}(1)$  mit  $1 \leq k, l \leq K$  der Matrix  $B_l$  die Form  $b_{k,l}(1) = Q(e^{j(\omega_k(1) - \omega_l(1))})$

- 5 aufweisen, und die Direktivität  $D(H_1)$  der Richtcharakteristik  $H_1$  mit

$$D(H_1) = \sum_{k=1}^K \overline{a_k(1)}$$

ermittelt wird,

- da die Direktivität auch für Werte  $\omega \neq \omega_k(1)$  für  $1 \leq k \leq K$  möglichst groß sein soll, wird nun ein Iterationsprozeß durchgeführt, bei dem

$C_1 = \max |H_1(e^{j\omega_k})|$  für  $K+1 \leq k \leq K_1$  berechnet und mit einer je nach Anwendungsfall vorgegebenen Schwelle  $\varepsilon$  verglichen wird,

- ist  $C_1 \leq \varepsilon$ , so werden die Gewichtungsfaktoren

$$w_l(1) = \sum_{k=1}^K a_k(1) e^{j(l-1)\omega_k}, \text{ mit } 1 \leq l \leq N$$

- 15 an einen Strahlformer zur weiteren Signalverarbeitung übergeben,

- ist  $C_1 > \varepsilon$ , so wird als nächster Schritt die Richtung  $\omega_k$  mit  $K+1 \leq k \leq K_1$  gesucht, für die gilt

$$|H_1(e^{j\omega_k})| = C_1$$

- anschließend wird

- 20  $\omega_k(2) = \omega_k(1)$  für  $1 \leq k \leq K$  und  $\omega_{K+1}(2) = \omega_k(1)$  gesetzt und für diese Richtungen die Richtcharakteristik  $H_2$  mit

$$H_2(e^{j\omega}) = \sum_{k=1}^{K+1} a_k(2) Q(e^{j(\omega - \omega_k(2))})$$

und

$$H_2(e^{j\omega_k(2)}) = 1, \text{ wobei } 1 \leq k \leq K$$

- 25 und

$$H_2(e^{j\omega_{K+1}(2)})=0$$

mittels Lösung des linearen Gleichungssystems

$$B_1 \cdot \begin{pmatrix} a_1^{(2)} \\ \vdots \\ a_{K+1}^{(2)} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ \vdots \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix} \text{ ermittelt,}$$

- - danach wird

5  $C_2 = \max |H_2(e^{j\omega_k})|$  für  $K+1 \leq k \leq K_1$  berechnet und bei

$C_2 \leq \varepsilon$  werden die Gewichtungsfaktoren  $w_k(2) = \sum_{l=1}^{K+1} a_l(2) e^{j(k-l)\omega_k(2)}$  an einen

Strahlformer übergeben und bei

$C_2 > \varepsilon$  wird der nächste Iterationsschritt durchgeführt

10 - die an den Strahlformer übergebenen Gewichtungsfaktoren  $w_k(2)$  werden mit den entsprechenden zu sendenden Signalen multipliziert und dem Antennenarray der Basisstation als Sendesignal zur Mobilstation übergeben.

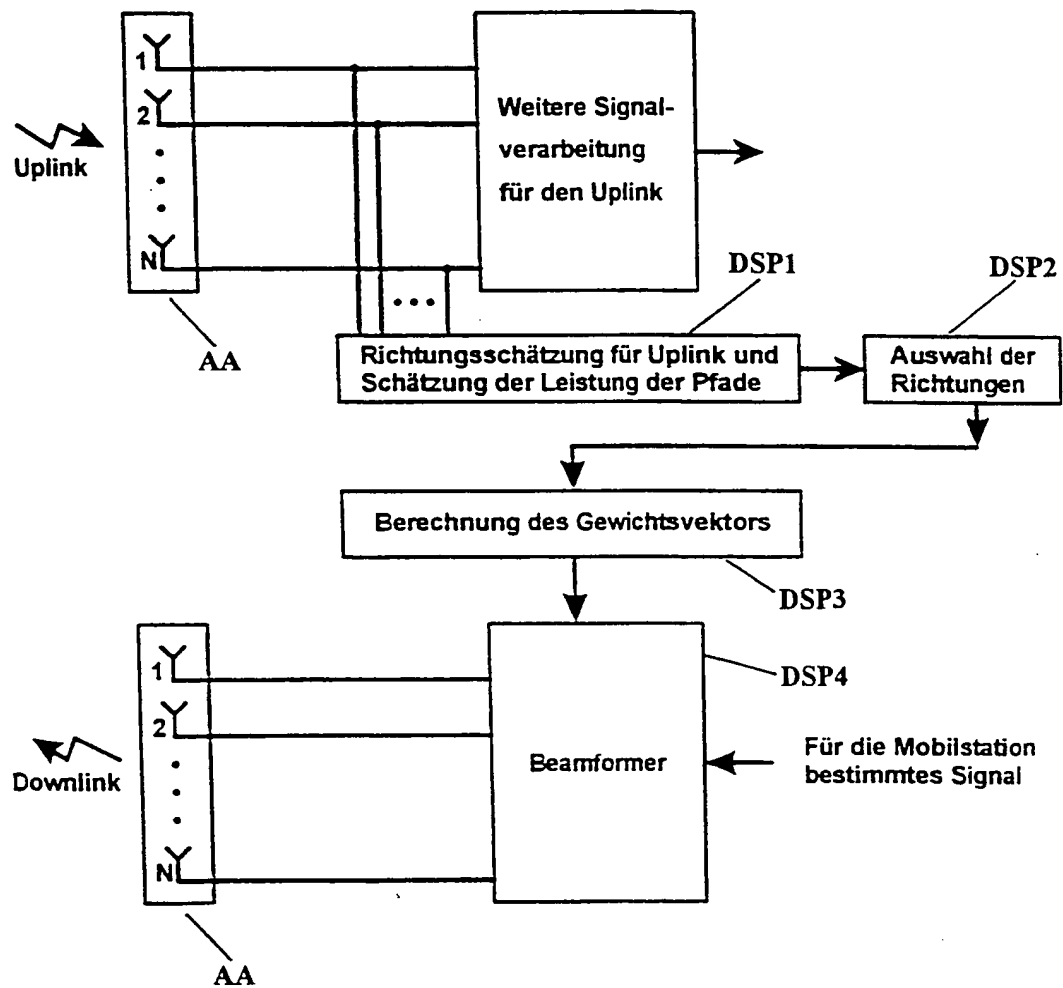
15

2. Anordnung zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen, wobei einer Mobilstation ein Rake-Empfänger vorgeschaltet ist und das Mobilfunksystem im TDD-Mode (Time Division Duplex - Zeitduplex) oder im FDD-Mode (Frequency Division Duplex - Frequenzduplex) mit kleinem Frequenzversatz arbeitet, weist auf

- 20 - ein an der Basisstation angeordnetes Antennenarray mit N Antennenelementen,
- einen Digitalen Signalprozessor zur Richtungsschätzung der einzelnen Pfade der vom Antennenarray empfangenen Signale und zur
- 25 Leistungsschätzung dieser Pfade,
- einen weiteren Digitalen Signalprozessor zur Auswahl der Richtungen der leistungsstärksten Pfade,

- zur Ermittlung der Gewichtungsfaktoren  $w_k(l)$  (entspricht dem Gewichtungsfaktor der k-ten Antenne der l-ten Iteration) einen dritten Digitalen Signalprozessor, der sowohl für die K stärksten Pfade als auch für die ihrer Leistung nach geringer werdenden  $(K - 1)$  Pfade die Richtcharakteristik berechnet und Iterationsprozesse unter Berücksichtigung eines in Abhängigkeit von der Anwendung gesetzten Schwellwertes, der nicht überschritten werden darf, durchführt,
- einen vierten Digitalen Signalprozessor, in dem das für die Mobilstation bestimmte Signal der Basisstation durch Multiplikation des k-ten Gewichtungsfaktors  $w_k(l)$  mit dem zur Mobilstation zu sendenden Signal erzeugt wird.

1/1





(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED PHYSICS  
INTERNATIONAL UNION OF PURE AND APPLIED CHEMISTRY

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
15. März 2001 (15.03.2001)

PCT

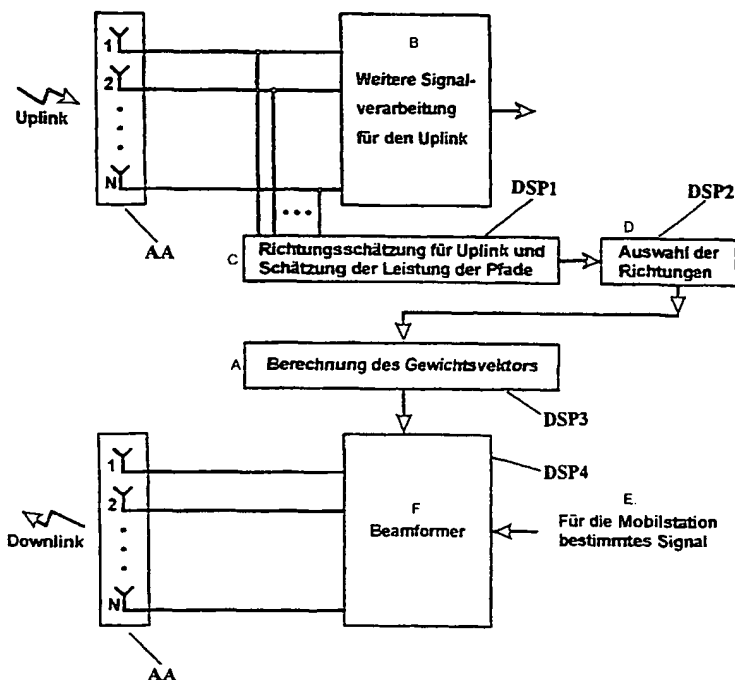
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/18976 A3

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04B 1/707, 7/08, H01Q 3/26 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): HEINRICH-HERTZ-INSTITUT FÜR NACHRICHTENTECHNIK BERLIN GMBH [DE/DE]; Einsteinufer 37, 10587 Berlin (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE00/03121 (72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOCHE, Holger [DE/DE]; Dönhoffstrasse 36a, 10318 Berlin (DE). SCHUBERT, Martin [DE/DE]; Karsunke, Potsdamer Strasse 156, 10783 Berlin (DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum: 6. September 2000 (06.09.2000)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 199 43 688.6 6. September 1999 (06.09.1999) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DK,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD AND ARRANGEMENT FOR BEAM FORMING FOR THE DOWNLINK CHANNEL IN CDMA-BASED MOBILE RADIO TELEPHONE SYSTEMS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND ANORDNUNG ZUR STRAHLFÖRMUNG FÜR DEN DOWNLINK-KANAL IN CDMA-BASIERTEN MOBILFUNKSYSTEMEN



- A...CALCULATING WEIGHT FACTOR  
B...FURTHER SIGNAL PROCESSING FOR THE UPLINK  
C...ESTIMATING DIRECTION FOR UPLINK AND ESTIMATING THE POWER OF THE PATHS  
D...SELECTING DIRECTIONS  
E...SIGNAL FOR THE MOBILE STATION  
F...BEAM FORMER

(57) Abstract: The invention relates to a method for beam forming for the downlink channel in CDMA-based mobile radio telephone systems. The K most powerful paths are selected from paths with estimated directions and estimated power of the signals that are received by an antenna array in the base station, whereby said most powerful paths are selected for the uplink channel. The directional characteristic and directivity are calculated for said paths as well as for the paths whose power decreases (K-1). An iteration process is subsequently carried out in view of a threshold value which is determined according to the application and may not be exceeded. The signal that is designed for the mobile station and pertains to the base station is finally generated by multiplying the k<sup>th</sup> weight factor with the signal to be sent to the mobile station.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht

- (84) **Bestimmungsstaaten** (*regional*): ARIPO-Patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

- (88) **Veröffentlichungsdatum des internationalen Recherchenberichts:**

2. August 2001

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

(57) **Zusammenfassung:** Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Strahlformung für den Downlink-Kanal in CDMA-basierten Mobilfunksystemen werden für den Uplink-Kanal aus Pfaden mit geschätzten Richtungen und geschätzten Leistungen der von einem Antennenarray in der Basisstation empfangenen Signale die K leistungsstärksten Pfade ausgewählt. Richtcharakteristik und Direktivität werden sowohl für diese als auch für die ihrer Leistung nach geringer werdenden (K-1) Pfade berechnet. Anschließend wird ein Iterationsprozeß unter Berücksichtigung eines in Abhängigkeit von der Anwendung gesetzten Schwellwertes, der nicht überschritten werden darf, durchgeführt. Abschließend wird das für die Mobilstation bestimmte Signal der Basisstation durch Multiplikation des k-ten Gewichtungsfaktors mit dem zur Mobilstation zu sendenden Signal erzeugt.



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int. Patent Application No.

PCT/DE 00/03121

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H04B1/707 H04B7/08 H01Q3/26

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H04B H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>JENG S -S ET AL: "EXPERIMENTAL EVALUATION OF SMART ANTENNA SYSTEM PERFORMANCE FOR WIRELESS COMMUNICATIONS"</p> <p>IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 46, no. 6, 1 June 1998 (1998-06-01), pages 749-757, XP000766083</p> <p>ISSN: 0018-926X</p> <p>page 749, right-hand column, line 42 - line 48</p> <p>page 750, left-hand column, line 11 - line 28</p> <p>page 750, right-hand column, line 27 - page 751, left-hand column, line 34</p> <p style="text-align: center;">--- -/--</p>	1,2

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☐ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

19 February 2001

Date of mailing of the international search report

05/03/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl.  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Bossen, M

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int lional Application No

PCT/DE 00/03121

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>KUHWALD ET AL: "A New Optimum Constrained Beamforming-Algorithm for Future Mobile Communicaition Systems Based on CDMA" PROC. 4TH ACTS MOBILE COMMUNICATIONS SUMMIT, June 1999 (1999-06), pages 963-968, XP000986632  page 965, line 1 -page 966, line 23;  figures 1,2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1,2

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Int lionales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03121

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H04B1/707 H04B7/08 H01Q3/26

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 H04B H01Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, INSPEC, WPI Data

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JENG S -S ET AL: "EXPERIMENTAL EVALUATION OF SMART ANTENNA SYSTEM PERFORMANCE FOR WIRELESS COMMUNICATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 46, Nr. 6, 1. Juni 1998 (1998-06-01), Seiten 749-757, XP000766083 ISSN: 0018-926X Seite 749, rechte Spalte, Zeile 42 - Zeile 48 Seite 750, linke Spalte, Zeile 11 - Zeile 28 Seite 750, rechte Spalte, Zeile 27 - Seite 751, linke Spalte, Zeile 34 --- -/--	1,2



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

\*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

\*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

\*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

\*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

\*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

19. Februar 2001

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

05/03/2001

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040. Tx. 31 651 epo nl.  
Fax. (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Bossen, M

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 00/03121

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>KUHWALD ET AL: "A New Optimum Constrained Beamforming-Algorithm for Future Mobile Communication Systems Based on CDMA" PROC. 4TH ACTS MOBILE COMMUNICATIONS SUMMIT, Juni 1999 (1999-06), Seiten 963-968, XP000986632 Seite 965, Zeile 1 -Seite 966, Zeile 23; Abbildungen 1,2</p> <p>-----</p> <p>DOCKET NO: <u>L86-I0026</u>  SERIAL NO: _____  APPLICANT: <u>P. Jung et al.</u>  LERNER AND GREENBERG P.A.  P.O. BOX 2480  HOLLYWOOD, FLORIDA 33022  TEL. (954) 925-1100</p>	1,2